

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Januar 2001 (18.01.2001)

PCT

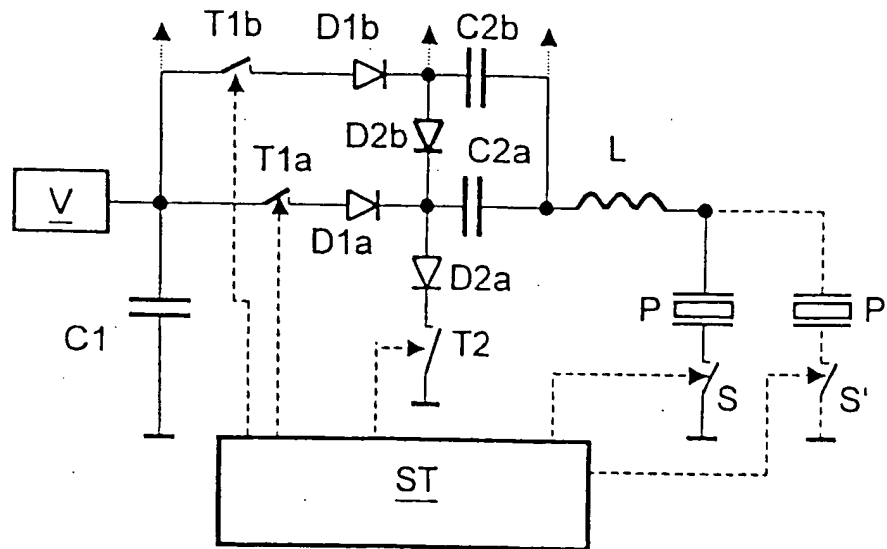
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/04481 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/20, H01L 41/04 (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): PIRKL, Richard [DE/DE]; Brunhuberstrasse 27, D-93053 Regensburg (DE). LINGL, Wolfgang [DE/DE]; Mittenauerstrasse 10, D-93057 Regensburg (DE). HOFFMANN, Christian [DE/DE]; Am Nordheim 5, D-93057 Regensburg (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/02216
- (22) Internationales Anmeldedatum: 6. Juli 2000 (06.07.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, D-80506 München (DE).
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 31 235.4 7. Juli 1999 (07.07.1999) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, IN, JP, KR, US.
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, D-80333 München (DE). (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CHARGING A CAPACITIVE ACTUATOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM LADEN EINES KAPAZITIVEN STELLGLIEDES



(57) Abstract: The invention relates to a method and a device for charging a capacitive actuator. A capacitive actuator, especially a fuel injection valve of an internal combustion engine, is charged or discharged with different charging and discharging times. The capacitance of the recharging capacitor (C2a, C2b) measured for a maximum charging time is reduced at a predetermined time (t1) during the charging process in order to reduced the charging time. The invention also relates to two examples of embodiments of a device for carrying out this method.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/04481 A1

**Veröffentlicht:**

- Mit internationalem Recherchenbericht.
- Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

(57) **Zusammenfassung:** Ein kapazitives Stellglied, insbesondere eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, wird mit unterschiedlichen Lade- und Entladezeiten geladen oder entladen. Zur Verkürzung der Ladezeit wird während des Ladevorgangs zu einem vorgegebenen Zeitpunkt ( $t_1$ ) die für eine maximale Ladezeit bemessene Kapazität des Umladekondensators (C2a, C2b) verringert. Zwei Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens sind näher erläutert.

## Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes, insbesondere eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

10

Einer der Vorteile bei der Ansteuerung von Kraftstoffeinspritzventilen einer Brennkraftmaschine mittels Piezostellgliedern statt Solenoiden ist die kurze Schaltzeit der Stellglieder, die zu steilen Nadelflanken und geringen Streuungen der eingespritzten Kraftstoffmengen führt. Aus verbrennungstechnischer Sicht sind möglichst kurze Ladezeiten anzustreben.

Zur Erzielung eines sanfteren Verbrennungsverlaufs wird die Kraftstoffmenge in Vor- und Haupteinspritzmenge geteilt, was eine langsamere Verbrennung und damit eine Verbrennungsgeräusch-Reduzierung ermöglicht. Die Stellglieder werden bisher mit einer konstanten Lade- und Entladezeit (Dauer der Umladung von einer Energiequelle auf das Stellglied oder umgekehrt) angesteuert, die sehr kurz sein muß (beispielsweise 100µs), damit eine vorgegebene Kraftstoff-Voreinspritzmenge auch im obersten Last- oder Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine noch eingespritzt werden kann.

Der Ladeprozeß erfolgt beispielsweise als Umschwingvorgang der Ladung von einer Ladungsquelle (einer Reihenschaltung eines Lade- und eines Umladekondensators) über eine Umladespule zum Stellglied, wobei die Induktivität der Umladespule zusammen mit den Kapazitäten der Umladekondensatoren und des Stellgliedes die Zeitkonstante für den Lade- und Entladevorgang (die Lade- und Entladezeit) bestimmt. Eine derartige Vorrichtung ist aus DE 19652801 bekannt.

Aus DE 195 29 667 C2 ist eine Anordnung zur Ansteuerung zweier piezoelektrischer Aktoren bekannt, bei welcher die Frequenz der Schwingkreise, in denen die piezoelektrischen Aktoren angeordnet sind, zur Kompensation von Temperatur- und Alterungseffekten veränderbar sind.

In DE 197 14 607 A1 wird ein Verfahren zum stufenweisen Laden und Entladen eines piezoelektrischen Elements beschrieben, wobei der Umladevorgang zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Ladebeginn von einem Ladepfad mit einem Widerstand und einem Kondensator auf einen Ladepfad mit einer Spule und einem weiteren Kondensator umgeschaltet wird. Der Entladevorgang erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Die kurzen Ladezeiten führen jedoch zu hohen Geräuschemissionen in für menschliche Ohren unangenehmen Frequenzbereichen. Dies wird beispielsweise in einem Kraftfahrzeug dann als sehr störend empfunden, wenn im Leerlauf der Brennkraftmaschine die Verbrennungsgeräusche niedrig sind.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ansteuern eines kapazitiven Stellgliedes eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine anzugeben, welches eine deutliche Verminderung der Stellglied-Gerauschemissionen ermöglicht. Es ist auch Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst. Mit einer Vorrichtung gemäß Anspruch 3 oder 4 werden die Lade- und Entladezeiten eines Stellgliedes, insbesondere im Niedriglast- und Leerlaufbereich der Brennkraftmaschine, durch verschiedene Maßnahmen während des Ladevorgangs variiert, beispielsweise in einem Bereich zwischen 100µs und 200µs.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht darin, daß die Gesamtkapazität der Umladekondensatoren, über welche das Stellglied

geladen wird, hier also die Kapazität wenigstens zweier parallelgeschalteter Umladekondensatoren C2a, C2b, die beispielsweise eine maximale Ladezeit von 200µs ermöglichen, zu einem bestimmten Zeitpunkt während eines Ladevorgangs durch  
5 Abschalten wenigstens eines dieser parallelen Umladekondensatoren verringert wird, wodurch die Ladezeit verkürzt wird.

Für die Wahl optimaler Ladezeiten gilt: die Dauer der Ladezeit begrenzt die minimale Kraftstoff-Einspritzdauer. Dies  
10 ist insbesondere bei hohen Einspritzdrücken kritisch, weil die eingespritzte Kraftstoffmenge bei gleicher Einspritzdauer mit dem zur Last proportionalen Kraftstoffdruck ansteigt. Zur Erzielung einer bestimmten Einspritzmenge, insbesondere einer geringen Voreinspritzmenge, sind daher mit wachsendem Kraftstoffdruck immer kürzere Einspritzdauern erforderlich.  
15

Bei einer Haupteinspritzung sind die Einspritzmengen hingegen last- bzw. druckabhängig. Bei geringer Last werden kleine Einspritzmengen benötigt, bei großer Last aber große Einspritzmengen bei großem Kraftstoffdruck. Diese Korrelation  
20 zwischen Kraftstoffmenge und Kraftstoffdruck ermöglicht die Verwendung längerer Ladezeiten für die Haupteinspritzung auch im Hochlastbereich.

25 Unterschiedliche Ladezeiten eines kapazitiven Stellgliedes haben innerhalb gewisser Grenzen, beispielsweise zwischen 100µs und 200µs, bis auf Totzeiteffekte (Verzögerungen von Einspritzbeginn und -ende), die durch zeitliche Verschiebung der Ansteuersignale kompensiert werden können, keinen Einfluß  
30 auf den für einen Verbrennungsprozeß relevanten Einspritzverlauf.

Ausführungsbeispiele einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind im folgenden unter Bezugnahme  
35 auf die schematische Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Prinzipschaltung einer bekannten Vorrichtung,  
Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel nach der Erfindung,  
Figur 3 ein Diagramm der Lade- und Entladezeiten des Ausführungsbeispiels nach Figur 2,  
5 Figur 4 ein zweites Ausführungsbeispiel nach der Erfindung, und  
Figur 5 ein Diagramm der Lade- und Entladezeiten des Ausführungsbeispiels nach Figur 4.
- 10 Die prinzipielle Schaltung einer bekannten Vorrichtung zum Laden und Entladen eines kapazitiven Stellgliedes P nach Figur 1 besteht aus einer beidseitig mit Massebezugspotential verbundenen Reihenschaltung einer von einer Energiequelle V ladbaren Ladungsquelle, hier eines Ladekondensators C1, eines  
15 Ladeschalters T1, einer Sperrdiode D1, eines Umladekondensators C2, einer Umladespule L und eines oder mehrerer parallelgeschalteter Stellglieder P, P', wobei mit jedem Stellglied P, P' ein Auswahlwechsler S, S' in Reihe geschaltet ist. Der zum Ladeschalter T1 führende Anschluß des Umladekondensators C2 ist über einen mit einer weiteren Sperrdiode D2 in  
20 Reihe liegenden Entladeschalter T2 mit Massebezugspotential verbindbar. Die beiden Schalter T1 und T2 werden von einer Steuerschaltung ST gesteuert. Die Kapazität des Ladekondensators C1 ist wesentlich größer als die des Umladekondensators  
25 C2:  $C1 \gg C2$ .

Wenn von Lade-, Entlade- oder Auswahlschaltern gesprochen wird, so sind darunter vorzugsweise Schalter zu verstehen, die leitend oder nichtleitend geschaltet werden, beispielsweise Thyristoren, oder MOSFET's (mit einer Diode in Reihenschaltung), die von selbst wieder nichtleitend werden, wenn der durch sie fließende Strom zu Null wird.

Das Laden eines Stellgliedes P erfolgt durch Schließen (leitend schalten) des Ladeschalters T1. Dabei schwingt die Ladung mit einem Strom I in Form einer halben Sinusschwingung von der Ladungsquelle (dem Ladekondensator C1) über den Umlade-

kondensator C2 und die Umladespule L zum Stellglied P. In dieser Zeit, der Ladezeit, steigt die Stellgliederspannung U auf einen bestimmten Wert, und das Stellglied P öffnet das Kraftstoffeinspritzventil.

5

Wenn der Strom I zu Null wird, wird der Ladeschalter T1 wieder geöffnet (nichtleitend), die Stellgliederspannung U bleibt erhalten, bis der Entladevorgang mit dem Schließen (leitend-schalten) des Entladeschalters T2 beginnt. Nun schwingt die  
10 Ladung vom Stellglied P über die Umladespule L in den Umlade-kondensator C2; die Stellgliederspannung U geht wieder nach null, der Strom I wird zu Null und das Kraftstoffeinspritz-ventil wird vom Stellglied P geschlossen. Der Entladeschalter T2 muß vor dem nächsten Ladevorgang wieder geschlossen  
15 (nichtleitend) werden. Damit ist ein Einspritzvorgang beendet. Eine Rückladung in den Ladekondensator C1 wird durch die Sperrdiode D1 verhindert.

Figur 2 zeigt die Schaltung eines ersten Ausführungsbeispiels  
20 nach der Erfindung, welche sich von der bekannten Schaltung nach Figur 1 dadurch unterscheidet, daß parallel zur Reihenschaltung aus Ladeschalter T1a, Sperrdiode D1a und Umladekondensator C2a eine gleichartige Reihenschaltung aus einem weiteren Ladeschalter T1b, einer weiteren Sperrdiode D1b und ei-  
25 nes weiteren Umladekondensators C1b geschaltet ist, und daß die den Ladeschaltern T1a und T1b zugewandten Anschlüsse der beiden Umladekondensatoren C2a und C2b durch eine vom Umlade-kondensator C2b zum Umladekondensator C2a leitende Diode D2b miteinander verbunden sind. Weitere derartige parallele-  
30 geschaltete Reihenschaltungen können vorgesehen werden, was durch punktierte Pfeile angedeutet ist.

Die Arbeitsweise dieser Schaltung wird nachstehend anhand des in Figur 3 dargestellten Diagramms des Stromverlaufs I im  
35 Stellglied P und der Schaltstellungen der Ladeschalter T1a und T1b sowie des Entladeschalters T2 erklärt.

Die beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sind so dimensioniert, daß die Ladung des Stellgliedes P (oder P') aus einer Parallelschaltung beider Kondensatoren C2a und C2b mit einer gewünschten, maximalen Ladezeit von beispielsweise 200µs erfolgt.

Dazu werden zum Zeitpunkt t0 (Figur 3) beide Ladeschalter T1a und T1b gleichzeitig leitend gesteuert, wodurch das Stell-

glied P aus den Kondensatoren C1, C2a und C2b über die Umladepule L geladen wird und ein sinusförmiger Strom I durch das Stellglied P, welches durch den Auswahlschalter S ausgewählt wurde, zu fließen beginnt. Die Spannung an beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sinkt gleichmäßig. Bleiben beide Ladeschalter T1a und T1b (gestrichelt dargestellt) leitend, bis der Strom I (gestrichelte Kurve) im Zeitpunkt t3 zu Null wird, so beträgt die Ladezeit  $t_3 - t_0 = 200\mu s$ .

Erfindungsgemäß wird nun zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit beispielsweise der Ladeschalter T1a vorzeitig im Zeitpunkt t1 geöffnet, d.h., nichtleitend gesteuert. Dadurch erfolgt der Stromfluß nur noch aus der Reihenschaltung der beiden Kondensatoren C1 und C2b, wodurch der Strom I (ausgezogene Kurve) bereits im Zeitpunkt t2 zu Null wird, zu welchem Zeitpunkt auch der zweite Ladeschalter wieder nichtleitend wird. Durch diese Maßnahme hat die Ladezeit nur noch die Dauer  $t_2 - t_0$ . Das Ende der im Zeitpunkt t0 beginnenden Ladezeit kann auf diese Weise zwischen  $< t_1$  und t3 variieren, wodurch Ladezeiten von  $< 100\mu s$  bis zum gewählten Maximum, hier 200µs, gewählt werden können. Am Ende des Ladevorgangs (t2) liegt am ersten Umladekondensator C2a, der nicht ganz entladen wurde, noch eine Spannung von beispielsweise +80V, während die Spannung am zweiten Umladekondensator C2b beispielsweise -50V betragen kann.

Beim Entladen des Stellgliedes P, beispielsweise im Zeitpunkt t4 beginnend, beide Ladeschalter T2a und T2b sind bereits

nichtleitend, wird Entladeschalter T2 leitend gesteuert. Dadurch wird das Stellglied P über die Umladespule L in beide nun mittels der Dioden D2a und D2b parallelgeschalteten Umladekondensatoren C2a und C2b entladen, wobei zuerst der zweite Umladekondensator C2b solange geladen wird, bis er die Spannung (+80V) des ersten Umladekondensators C2a erreicht; anschließend werden beide Umladekondensatoren gleichmäßig weitergeladen, bis das Stellglied P entladen ist. Auf diese Weise entspricht jede Entladezeit der jeweils vorangegangenen Ladezeit. Die Entladezeit endet bei dem gewählten Beispiel (Ladezeit  $t_0$  bis  $t_2$ ) also bereits im Zeitpunkt  $t_5$  (ausgezogene Kurve) statt im Zeitpunkt  $t_6$  (gestrichelte Kurve).

Der jeweilige Auswahlswitch, S oder S', muß mindestens vom Beginn ( $t_0$ ) der Ladezeit bis zum Ende der Entladezeit ( $t_5$  oder  $t_6$ ) leitend sein.

Figur 4 zeigt die Schaltung eines zweiten Ausführungsbeispiels nach der Erfindung, welche sich von der bekannten Schaltung nach Figur 1 dadurch unterscheidet, daß mit der zweiten Sperrdiode D2 eine dritte Sperrdiode D3 mit gleicher Stromdurchlaßrichtung in Reihe geschaltet ist, daß vom Verbindungspunkt von Umladekondensator C2a und Umladespule L eine Reihenschaltung aus einem zweiten Umladekondensator C2b, einem weiteren Ladeschalter T3 und einer vierten Sperrdiode D4 mit Bezugspotential verbunden ist, wobei die Anode der vierten Sperrdiode D4 in Richtung vom Bezugspotential zum zweiten Umladekondensator C2b hin stromleitend ist, und daß die Kathode der vierten Sperrdiode D4 mit dem Verbindungspunkt von zweiter und dritter Sperrdiode D2, D3 verbunden ist. Auch hier gilt  $C_1 \gg C_{2a}, C_{2b}$ .

Die beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sind auch in diesem Ausführungsbeispiel so dimensioniert, daß die Ladung des Stellgliedes P (oder P') aus einer Parallelschaltung beider

Kondensatoren C2a und C2b mit einer gewünschten, maximalen Ladezeit von beispielsweise 200µs erfolgt.

5 Dazu werden zum Zeitpunkt  $t_0$  (Figur 5) beide Ladeschalter T1 und T3 gleichzeitig leitend gesteuert, wodurch das Stellglied P aus den Kondensatoren C1, C2a und C2b über die Umladespule L geladen wird und ein sinusförmiger Strom I durch das Stellglied P, welches durch den Auswahlhalter S ausgewählt wurde, zu fließen beginnt.

10 Die Spannung an beiden Umladekondensatoren C2a und C2b sinkt gleichmäßig. Bleiben beide Ladeschalter T1 und T3 leitend, bis der Strom I (gestrichelte Kurve) im Zeitpunkt  $t_3$  zu Null wird, so beträgt die Ladezeit  $t_3 - t_0 = 200\mu s$ .

15 Zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit wird der Ladeschalter T1 vorzeitig im Zeitpunkt  $t_1$  geöffnet, d.h., nichtleitend gesteuert. Dadurch erfolgt der Stromfluß nur noch vom Umladekondensator C2b über die Umladespule L zum Stellglied P, und  
20 von diesem über den Auswahlhalter, die Sperrdiode D4 und den weiteren Ladeschalter T3 zurück in den Umladekondensator C2b, gleichsam als „Freilaufstrom“ zur Entladung von C2b und L, bis dieser Strom im Zeitpunkt  $t_2$  zu Null wird (ausgezogene Kurve von  $t_1$  bis  $t_2$  in Figur 5). Solange muß der weitere Lade-  
25 schalter T3 unbedingt leitend sein.

Dadurch hat die Ladezeit auch in diesem Ausführungsbeispiel nur noch die Dauer  $t_2 - t_0$ . Das Ende der im Zeitpunkt  $t_0$  beginnenden Ladezeit kann auf diese Weise zwischen  $< t_1$  und  $t_3$   
30 variieren, wodurch Ladezeiten von  $< 100\mu s$  bis zum gewählten Maximum, hier 200µs, gewählt werden können.

Am Ende des Ladevorgangs ( $t_2$ ) liegt, wie beim ersten Ausführungsbeispiel, am ersten Umladekondensator C2a, der nicht  
35 ganz entladen wurde, noch eine Spannung von beispielsweise +80V, während die Spannung am zweiten Umladekondensator C2b beispielsweise -50V betragen kann.

Beim Entladen des Stellgliedes P, im Zeitpunkt  $t_4$  beginnend (Ladeschalter T1 ist nichtleitend), wird Entladeschalter T2 leitend gesteuert. Ist der weitere Ladeschalter T3 zu diesem Zeitpunkt noch leitend, so wird, wie beim ersten Ausführungsbeispiel bereits beschrieben, das Stellglied P über die Umladespule L in beide nun mittels der Diode D2 parallelgeschalteten Umladekondensatoren C2a und C2b entladen, wobei zuerst der zweite Umladekondensator C2b solange geladen wird, bis er die Spannung (+80V) des ersten Umladekondensators C2a erreicht; anschließend werden beide Umladekondensatoren gleichmäßig weitergeladen, bis das Stellglied P entladen ist. Auf diese Weise entspricht wieder jede Entladezeit der jeweils vorangegangenen Ladezeit. Die Entladezeit endet bei dem gewählten Beispiel (Ladezeit  $t_0$  bis  $t_2$ ) also bereits im Zeitpunkt  $t_5$  (ausgezogene Kurve) statt im Zeitpunkt  $t_6$  (gestrichelte Kurve).

Beim Entladen des Stellgliedes P, im Zeitpunkt  $t_4$  (Figur 5) beginnend, wobei Ladeschalter T1 nichtleitend ist, wird Entladeschalter T2 leitend gesteuert. Dabei ist Ladeschalter T3 entweder noch aktiv leitend, oder, falls er als MOSFET ausgeführt ist, durch die obligatorische Inversdiode in Richtung zum Entladeschalter T2 stromleitend (in Figur 5 gestrichelt dargestellt).

Dadurch wird das Stellglied P über die Umladespule L in beide parallelgeschalteten Umladekondensatoren C2a und C2b entladen, wobei wieder zuerst der zweite Umladekondensator C2b solange geladen wird, bis er die Spannung (+80V) des ersten Umladekondensators C2a erreicht; anschließend werden beide Umladekondensatoren gleichmäßig weitergeladen, bis das Stellglied P entladen ist. Auf diese Weise entspricht jede Entladezeit der jeweils vorangegangenen Ladezeit. Die Entladezeit endet bei dem gewählten Beispiel (Ladezeit  $t_0$  bis  $t_2$ ) also bereits im Zeitpunkt  $t_5$  (ausgezogene Kurve) statt (Ladezeit  $t_0$  bis  $t_3$ ) im Zeitpunkt  $t_6$  (gestrichelte Kurve).

Der jeweilige Auswahlswitch, S oder S', muß mindestens vom Beginn ( $t_0$ ) der Ladezeit bis zum Ende der Entladezeit ( $t_5$  oder  $t_6$ ) leitend sein.

- 5 Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel mit verkürzter Ladezeit (Ladeschalter T1 wird vor dem weiteren Ladeschalter T3 nichtleitend) kann die Kraftstoffeinspritzmenge dadurch minimiert werden, daß der weitere Ladeschalter T3 und der Entladeschalter T2 invers betrieben werden - T3 leitet, wenn T2
- 10 nichtleitend ist, und umgekehrt - wodurch die Entladezeit unmittelbar auf die Ladezeit folgt.
- Im Falle, daß T1 und T3 synchron zum Zeitpunkt  $t_0$  leitend und zum Zeitpunkt  $t_3$  nichtleitend gesteuert werden, ist ein Inversbetrieb von T2 und T3 zu vermeiden. Wenn nämlich gleich-
- 15 zeitig T1 und T3 nichtleitend werden und T2 leitend wird, sind durch kurzzeitige Überschneidungen T1 und T2 leitend und damit der Ladekondensator C1 und die Energiequelle V kurzgeschlossen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden eines kapazitiven Stellgliedes (P, P'), insbesondere eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine, von einer Ladungsquelle (C1) über eine Reihenschaltung eines Umladekondensators (C2a, C2b) und einer Umladespule (L), und zum Entladen des Stellgliedes (P, P') in den Umladekondensator (C2a, C2b) mit viel kleinerer Kapazität als die Ladungsquelle (C1),  
dadurch gekennzeichnet,  
- daß der Umladekondensator (C2a, C2b) eine für eine vorgegebene maximale Ladezeit ( $t_3 - t_0$ ) bemessene maximale Kapazität aufweist, und  
- daß zur Erzielung einer kürzeren Ladezeit ( $t_2 - t_0$ ) die Kapazität des Umladekondensators (C2) zu einem bestimmten Zeitpunkt ( $t_1$ ) nach Beginn ( $t_0$ ) des Ladevorgangs auf einen vorgegebenen Wert verringert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
- daß die maximale Kapazität des Umladekondensators durch eine Parallelschaltung wenigstens zweier Umladekondensatoren (C2a, C2b) erreicht wird, und  
- daß wenigstens einer (C2a) dieser Umladekondensatoren (C2a, C2b) zu dem bestimmten Zeitpunkt ( $t_1$ ) nach Beginn ( $t_0$ ) des Ladevorgangs von der Ladungsquelle (C1) getrennt wird.
3. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer zwischen einer von einer Energiequelle (V) ladbaren Ladungsquelle (C1) und dem Stellglied (P, P') angeordneten Reihenschaltung eines Ladeschalters (T1a), einer Sperrdiode (D1a), eines Umladekondensators (C2a) und einer Umladespule (L), und mit einem Entladeschalter (T2), der den Verbindungspunkt von Sperrdiode (D1a) und Umladekondensator

(C2a) mit einem Bezugspotential verbindet, wobei sämtliche Schalter von einer Steuerschaltung (ST) gesteuert werden,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

5

- daß parallel zur Reihenschaltung aus Ladeschalter (T1a), Sperrdiode (D1a) und Umladekondensator (C2a) wenigstens eine weitere Reihenschaltung aus je einem weiteren Ladeschalter (T1b), einer Sperrdiode (D1b) und einem weiteren Umladekondensator (C2b) angeordnet ist, und

10

- daß zwischen jedem einem Ladeschalter (T1a, T1b) zugewandten Anschluß eines Umladekondensators (C2a, C2b) und dem Entladeschalter (T2) eine in Richtung zum Entladeschalter (T2) hin stromleitende Diode (D2a, D2b) angeordnet ist.

15

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer zwischen einer von einer Energiequelle (V) ladbaren Ladungsquelle (C1) und dem Stellglied (P, P')

20

angeordneten Reihenschaltung eines ersten Ladeschalters (T1), einer ersten, vom Ladeschalter (T1) weg stromleitenden ersten Sperrdiode (D1), eines ersten Umladekondensators (C2a) und einer Umladespule (L), und mit einem Entladeschalter (T2), der den Verbindungspunkt der ersten Sperrdiode (D1) und des

25

ersten Umladekondensators (C2a) über eine zu einem Bezugspotential hin stromleitende zweite Sperrdiode (D2) mit dem Bezugspotential verbindet, wobei sämtliche Schalter von einer Steuerschaltung (ST) gesteuert werden,

30

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

- daß mit der zweiten Sperrdiode D2 eine dritte Sperrdiode (D3) mit gleicher Stromdurchlaßrichtung in Reihe geschaltet ist,

35

- daß vom Verbindungspunkt des ersten Umladekondensators (C2a) und der Umladespule (L) eine Reihenschaltung aus einem zweiten Umladekondensator (C2b), einem weiteren Ladeschalter

- (T3) und einer vierten Sperrdiode (D4) mit dem Bezugspotential verbunden ist, wobei die vierten Sperrdiode (D4) in Richtung vom Bezugspotential zum zweiten Umladekondensator (C2b) hin stromleitend ist, und
- 5 - daß die Katode der vierten Sperrdiode (D4) mit dem Verbindungspunkt von zweiter und dritter Sperrdiode (D2, D3) verbunden ist.
- 10 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,
- daß zum Laden des Stellgliedes (P, P') beide Ladeschalter (T1a, T1b; T1, T3) gleichzeitig leitend gesteuert werden, und
  - daß wenigstens einer der Ladeschalter (T1, T1a) zu dem be-
- 15 stimmten Zeitpunkt (t1) nichtleitend gesteuert wird.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei leitendem Entladeschalter (T2) die Entladung des Stell-
- 20 gliedes (P, P') einerseits über den ersten Umladekondensator (C2a) und andererseits über den zweiten Umladekondensator (C2b) und den leitenden weiteren Ladeschalter (T3) oder dessen Inversdiode erfolgt.
- 25 7. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der weitere Ladeschalter (T3) invers zum Entladeschalter (T2) betrieben wird, also leitend ist, wenn der Entladeschalter (T2) nichtleitend ist, und umgekehrt.
- 30 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Ladeschalter (T1, T3, T1a, T1b) und der Entladeschalter (T2) als MOSFET-Schalter ausgebildet sind.
- 35

1/3

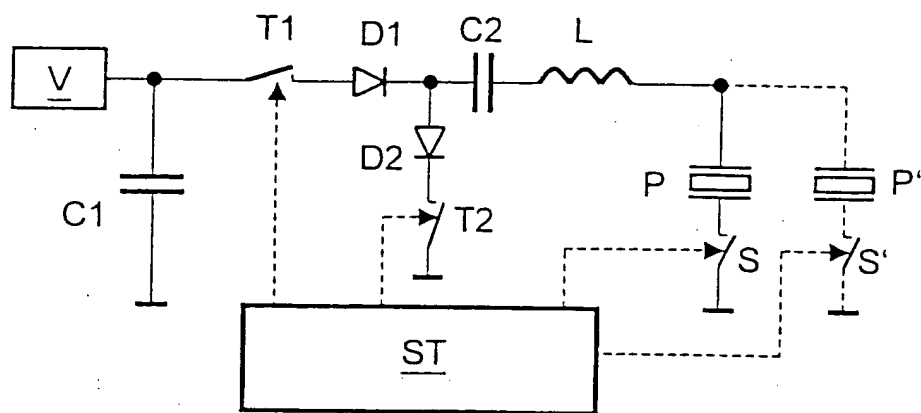


Fig 1

2/3

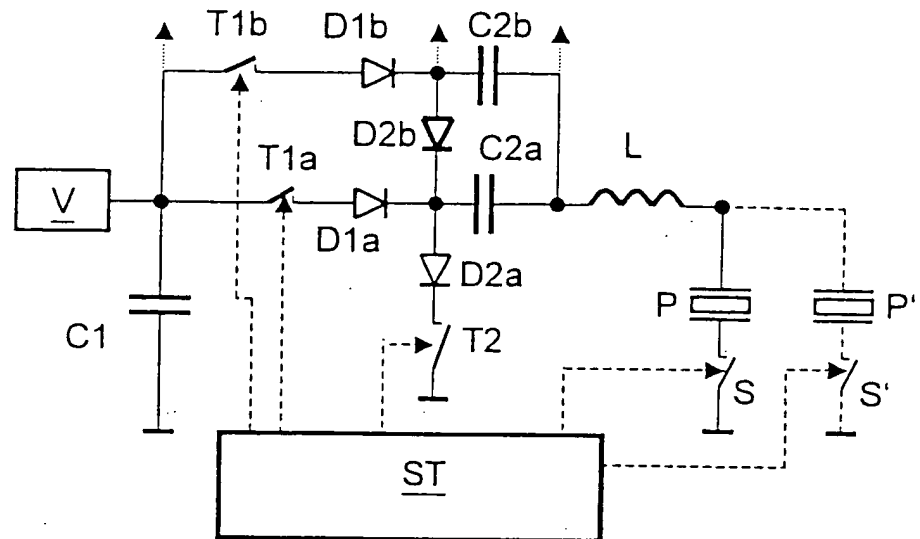


Fig 2

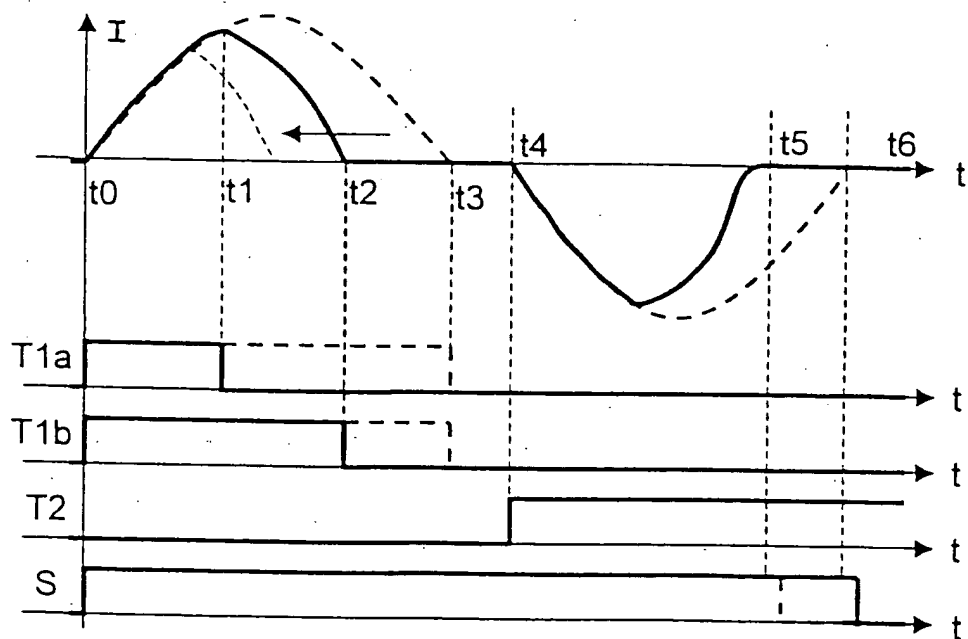


Fig 3

3/3

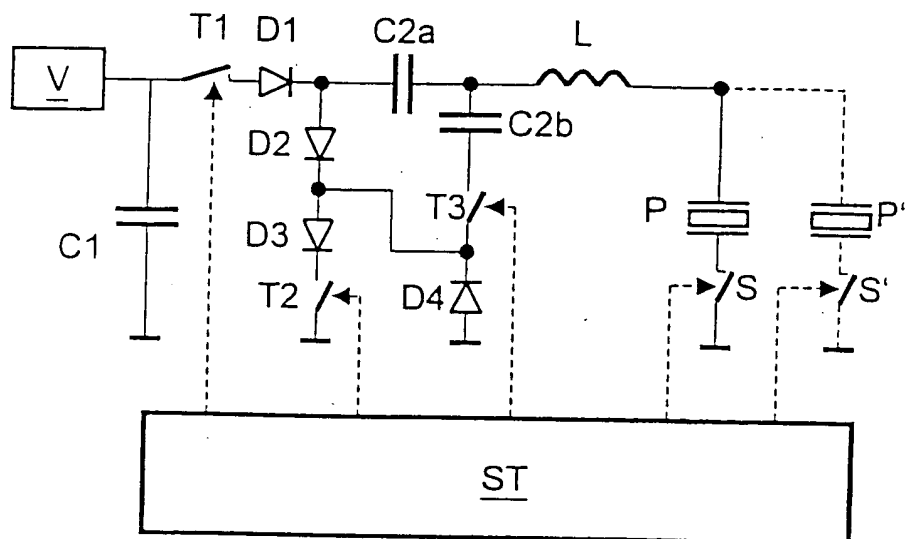


Fig 4

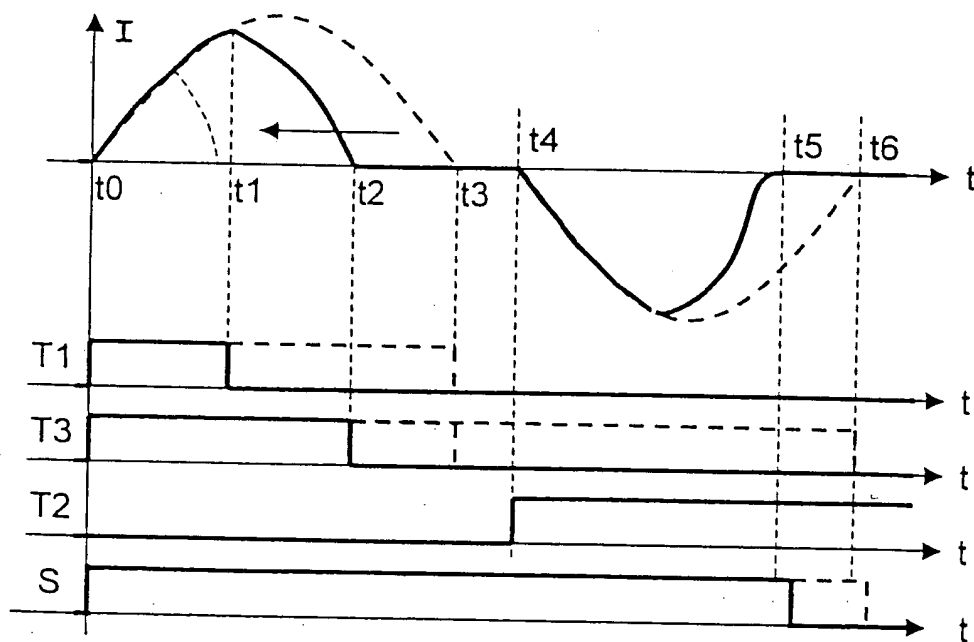


Fig 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/02216

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02D41/20 H01L41/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D F02M H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 196 52 801 C (SIEMENS AG) 23 April 1998 (1998-04-23) cited in the application the whole document	1
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 057 (M-1080), 12 February 1991 (1991-02-12) & JP 02 286852 A (TOYOTA MOTOR CORP), 27 November 1990 (1990-11-27) abstract	1
A	----- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 13, 30 November 1998 (1998-11-30) & JP 10 227249 A (TOYOTA MOTOR CORP), 25 August 1998 (1998-08-25) abstract	1
	----- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 November 2000

Date of mailing of the international search report

24/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Röttger, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 00/02216

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 33 560 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4 February 1999 (1999-02-04) abstract column 3, line 7 - line 38 column 7, line 2 - line 31 figure 1	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 316 (E-0949), 6 July 1990 (1990-07-06) -& JP 02 103970 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17 April 1990 (1990-04-17) abstract figures 4,5	1,3
A	DE 197 14 607 A (BOSCH GMBH ROBERT) 15 October 1998 (1998-10-15) cited in the application the whole document	1
A	DE 195 29 667 A (SIEMENS AG) 13 February 1997 (1997-02-13) cited in the application the whole document	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/02216

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19652801	C	23-04-1998	WO 9827602 A EP 0947001 A US 6121715 A	25-06-1998 06-10-1999 19-09-2000
JP 02286852	A	27-11-1990	JP 2855648 B	10-02-1999
JP 10227249	A	25-08-1998	NONE	
DE 19733560	A	04-02-1999	CZ 9901103 A WO 9907026 A EP 0929911 A	13-10-1999 11-02-1999 21-07-1999
JP 02103970	A	17-04-1990	NONE	
DE 19714607	A	15-10-1998	NONE	
DE 19529667	A	13-02-1997	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02216

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/20 H01L41/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte(r) Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 F02D F02M H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 196 52 801 C (SIEMENS AG) 23. April 1998 (1998-04-23) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 057 (M-1080), 12. Februar 1991 (1991-02-12) & JP 02 286852 A (TOYOTA MOTOR CORP), 27. November 1990 (1990-11-27) Zusammenfassung	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 13, 30. November 1998 (1998-11-30) & JP 10 227249 A (TOYOTA MOTOR CORP), 25. August 1998 (1998-08-25) Zusammenfassung	1
-/-		

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen:

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

16. November 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

24/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Röttger, K

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02216

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 33 560 A (BOSCH GMBH ROBERT) 4. Februar 1999 (1999-02-04) Zusammenfassung Spalte 3, Zeile 7 - Zeile 38 Spalte 7, Zeile 2 - Zeile 31 Abbildung 1 ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 316 (E-0949), 6. Juli 1990 (1990-07-06) -& JP 02 103970 A (TOYOTA MOTOR CORP), 17. April 1990 (1990-04-17) Zusammenfassung Abbildungen 4,5 ---	1,3
A	DE 197 14 607 A (BOSCH GMBH ROBERT) 15. Oktober 1998 (1998-10-15) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ---	1
A	DE 195 29 667 A (SIEMENS AG) 13. Februar 1997 (1997-02-13) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/02216

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19652801 C	23-04-1998	WO 9827602 A EP 0947001 A US 6121715 A	25-06-1998 06-10-1999 19-09-2000
JP 02286852 A	27-11-1990	JP 2855648 B	10-02-1999
JP 10227249 A	25-08-1998	KEINE	
DE 19733560 A	04-02-1999	CZ 9901103 A WO 9907026 A EP 0929911 A	13-10-1999 11-02-1999 21-07-1999
JP 02103970 A	17-04-1990	KEINE	
DE 19714607 A	15-10-1998	KEINE	
DE 19529667 A	13-02-1997	KEINE	